

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-281870

(43) 公開日 平成11年(1999)10月15日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 2 B 7/04
7/28
7/09
G 0 3 B 13/36
5/00

G 0 2 B 7/04
G 0 3 B 5/00
H 0 2 N 1/00
G 0 2 B 7/11

Z

N

P

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平10-84549

(22) 出願日

平成10年(1998) 3 月30日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 古 賀 章 浩

神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会
社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外 3 名)

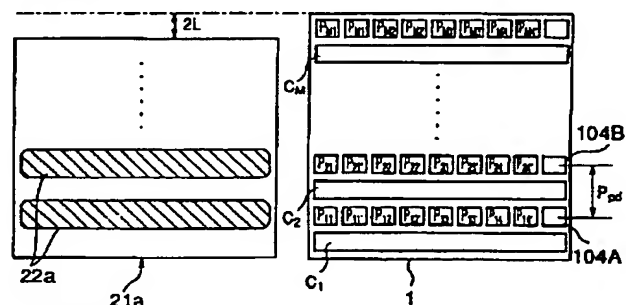
(54) 【発明の名称】 撮像装置

(57) 【要約】

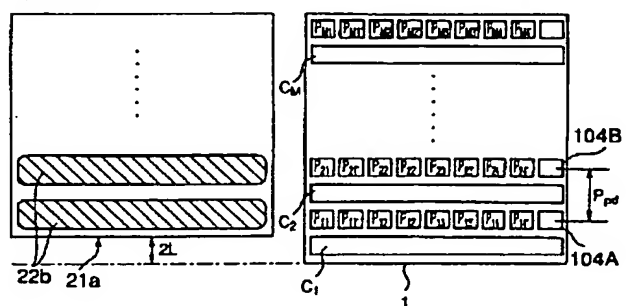
【課題】 小型撮像装置における焦点調節機能の実現および解像度の向上。

【解決手段】 櫛歯状電極 6 a、6 b および 6 c、6 d をそれぞれ互いに対向して配置された固定子 5 a および 5 b にそれぞれ設け、レンズ 8 を内包した可動子 7 を静電気力を利用して固定子電極に交互に吸着させながら光軸方向に駆動し、固定子可動子間に働く摩擦の影響を低減して十分なレンズ 8 の可動範囲を実現する。可動子 7 は固定子間を振動しながら光軸方向に移動し、撮像素子 1 への結像位置は可動子 7 の振動方向の変位に応じて変化する。可動子 7 の振幅 L をフォトディテクタ列 (P D 列) 1 0 4 A、B、... のピッチの 1/4 に設定し、可動子 7 の振動周波数を撮像素子 1 による映像のフィールド周波数に同期させる。P D 列と入射光学像 2 5 との相対的位置関係が P D 列のピッチの 1/2 分ずれた互いに異なる 2 つのフィールド映像を取得し、これを 1 フレームの映像とする。P D 列間の非感光部の欠落映像が補完され解像度が向上する。

(a) 状態1



(b) 状態2



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】光学系と、

交互に配列された感光部列と垂直転送部とを有し、前記光学系からの光が結像する撮像素子と、
 所定の間隙をもって互いに対向する第 1 面および第 2 面を有する固定子と、
 前記固定子の第 1 面に設けられるとともに、前記光学系の光軸方向に沿って配列された複数の第 1 固定子電極と、
 前記固定子の第 2 面に設けられるとともに、前記光学系の光軸方向に沿って配置され、それぞれが前記光学系の光軸方向に関して前記第 1 面の第 1 固定子電極に対して所定量ずれた位置に位置する複数の第 2 固定子電極と、
 前記光学系の少なくとも一部をなす光学素子を保持するとともに前記固定子の第 1 面と第 2 面との間に配置され、前記第 1 固定子電極および第 2 固定子電極との間に働く静電気力により前記第 1 面と第 2 面との間で前記感光部列の配列ピッチの $1/4$ の振幅で振動しながら前記光学系の光軸方向に移動することができる可動子と、
 前記垂直転送部による信号電荷の読み出し周期にあわせて前記可動子が振動するように、前記第 1 および第 2 固定子電極に電圧を印加する制御部と、を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】前記可動子は、前記光学系の光軸方向に移動することなく前記第 1 面と第 2 面との間で振動可能なことを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】前記固定子に設けられ、互いに対向するとともに前記可動子とその間に配置された第 3 面および第 4 面と、

前記固定子の第 3 面に設けられた第 3 固定子電極と、
 前記固定子の第 4 面に設けられた第 4 固定子電極と、を更に備え、

前記可動子は、前記第 3 固定子電極および第 4 固定子電極との間に働く静電気力により前記第 3 固定子電極と前記第 4 固定子電極との間で前記感光部列を構成する感光部の配列ピッチの $1/4$ の振幅で振動することができることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像装置。

【請求項 4】前記固定子の第 1 面と第 2 面との間に、互いに独立して電位を変化させることが可能な複数の可動子が設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 5】前記第 1 および第 2 固定子電極と、前記第 1 および第 2 固定子電極の間に配置された可動子とが、前記光学系の光軸方向に沿って複数組設けられ、前記制御装置は、各可動子を互いに同期して振動させることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は撮像装置に係り、とりわけ小型化した場合にも焦点調節およびズーム機能を

2

実現でき、かつ高解像度の画像を撮像することが可能な撮像装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、各種プラントの配管や人体内部等の狭隘部の目視検査が、小型撮像装置（例えば CCD カメラ）を用いて行われており、特に近年、検査精度を更に高めるため、撮像装置の高機能化・高解像度化の要求が更に高まっている。このような小型撮像装置を例えば医療用に適用することを考えた場合、患部の必要な箇所を高い倍率・高い解像度で観察出来ることは、病根の早期発見、早期治療につながるからである。

【0003】しかし、これまでの直径が 10 mm を下回るような小型撮像装置は、固定焦点・固定倍率のものであり、また画素数においても通常サイズの汎用型撮像装置に比べると劣っている。これは、撮像装置を小さくかつ細くしなくてはならないというサイズ上の制限があるため、焦点を可変としたり倍率を変更するために光学素子（例えばレンズ）を駆動するアクチュエータを造り込むスペースが確保できないことと、撮像素子の撮像面の面積が制限されてしまうことが原因である。

【0004】従来、各種の部品を駆動するためのアクチュエータとしては電磁気力を利用したものが一般的であった。しかし、電磁気式アクチュエータは、サイズが小さくなってくると、その出力が作用面の表面積により定まる静電気力等を利用したアクチュエータと比べた場合、出力の点で不利である。また、電磁気式アクチュエータは、電磁気力を発生させる為にコイルや磁石等を配置するスペースを必要とするため、上記の様な狭隘部に適用する機器に組み込むに適したコンパクトで高性能なアクチュエータを実現する事が困難であった。

【0005】このため、最近では、静電気力により駆動力を得る方式の静電アクチュエータが各種研究、開発されているが、いまだ十分な性能を実現するには至っていない。それは、微小化に伴い顕著となる摩擦力による悪影響が主たる原因の一つである。

【0006】この摩擦の問題を回避する為に、可動部を弾性支持し、摺動面を持たないタイプの静電アクチュエータが提案されている。しかし、このアクチュエータは、その可動領域がアクチュエータ全体のサイズと比較すると非常に小さく、実用的・産業的な応用を図る上では十分ではない。特に、上述したような撮像装置のレンズを駆動して焦点調節やズーム機能を実現するためのアクチュエータとしては不適切である。

【0007】ところで、撮像装置により得られた画像は、通常は NTSC 方式に準拠したモニタテレビにより観察されることになるため、撮像装置もこの NTSC 方式に準拠した映像信号を生成するようにしている。

【0008】NTSC 方式では、垂直方向走査線 512 本、飛び越し走査 1 フレーム 2 フィールド構成、画面アスペクト比 3:4 等の規格が定められており、現在、こ

3

の標準方式に適合する例えばインターライン転送方式 CCD (以下「IT-CCD」と略す) における画素数は 800 (水平) × 500 (垂直) 程度である。

【0009】この様な IT-CCD の撮像動作を図 9 を用いて簡単に説明する。この IT-CCD は、例えばホットダイオード 104 (以下「PD」と略す) で形成された 2N×M 個 (例えば N=400, M=500) の感光部 P11、P11'、P12、P12'、…、P1N、P1N'、P21、P21'、…、P2N、P2N'、…、PM1、PM1'、…、PMN、PMN' と、これら感光部 P_i (i=11~MN) および P_i' (i=11'~MN') で光電変換されて蓄積された信号電荷を読み出すための複数列 (全部で M 列ある) の垂直 CCD (垂直転送部) 105 (C1、C2、…、CM) を有している。PD 104 は垂直方向に延びる複数の PD 列 104A、104B、… (全部で M 列ある) を構成しており、PD 列および垂直 CCD は水平方向に交互に配列されている。なお符号 103 はフィールドシフトゲートを示している。

【0010】PD 104 は発生した信号電荷を蓄積する蓄積部の機能も果たしている。そして、垂直 CCD 105 の信号電荷は、1 段毎に水平 CCD シフトレジスタ 100 に転送されて、一定時間内 (水平有効期間) において水平 CCD シフトレジスタ 100 内に転送された後、順番に出力部 101 より読み出される。

【0011】通常のテレビジョン標準方式においては、1 フレームは 2 フィールド (2 フィールドはそれぞれ A フィールド、B フィールドと呼ばれる) により構成されており、各フィールド映像はインターレース走査により取得されている。従って、IT-CCD においてもこれに適合した撮像動作を行っている。つまり、最初の走査においては、2 個の連続した PD 104 (P11 と P11'、P12 と P12'、…、P1N と P1N'、P21 と P21'、…、P2N と P2N'、…、PM1 と PM1'、…、PMN と PMN' ; A フィールド) で蓄積された信号電荷が読み出され、次の走査においては、先の走査において読み出した A フィールドの 2 個の PD 104 (P_i、P_i') に対して、空間的に垂直方向に 180 度位相がずれている以下の 2 個の連続した PD 104 (P11' と P12、P12' と P13、P13' と P14、…、P21' と P22、P22' と P23、…、PM1' と PM2、PM2' と PM3、…、PMN-1' と PMN ; B フィールド) で蓄積された信号電荷が読み出されるようになっていく。この様な信号電荷読み出しモードをフィールド蓄積モードと呼ぶ。この場合、垂直方向において A、B フィールドで読み出される信号の空間的位相が 180 度異なるため、感光領域全域からは 2N×M 個 (800×500 個) の信号が得られる。

【0012】上述したように、PD 列 104A、104

4

B、…の間には垂直 CCD 105 が設けられているため、IT-CCD の撮像面のうち垂直 CCD 105 が存在する領域においては、映像信号を得ることができない。この垂直 CCD 105 が存在する領域において欠落してしまう画像情報を補完して画像の解像度を向上させる手法として、いわゆるスイング CCD 方式が知られている。この方式は、ある初期位置から IT-CCD を水平方向に移動させて垂直 CCD が元あった位置に PD 列を移動させ、前記初期位置および移動後の位置の両方において画像を取得することにより画像の解像度を向上させるものであり、通常サイズの撮像装置において利用されている。

【0013】しかし、この方式においては、光学素子を駆動するためのアクチュエータに加えて IT-CCD を移動させるためのアクチュエータが更に必要となる。このためコンパクト化が要求される狭径部観察用の撮像装置に適用するには適していない。また、撮像装置全体の構成の複雑化ひいてはコストの増大を招くことになる。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記実状に鑑みなされたものであり、コンパクトで可動範囲が広くかつ高性能な光学系駆動機構を提供するとともに、この光学系駆動機構に固有の駆動形態を利用して高解像度化を達成し、もって高機能高性能な小型撮像装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、光学系と、交互に配列された感光部列と垂直転送部とを有し、前記光学系からの光が結像する撮像素子と、所定の間隙をもって互いに対向する第 1 面および第 2 面を有する固定子と、前記固定子の第 1 面に設けられるとともに、前記光学系の光軸方向に沿って配列された複数の第 1 固定子電極と、前記固定子の第 2 面に設けられるとともに、前記固定子の第 2 面に設けられるとともに、前記光学系の光軸方向に沿って配置され、それぞれが前記光学系の光軸方向に関して前記第 1 面の第 1 固定子電極に対して所定量ずれた位置に位置する複数の第 2 固定子電極と、前記光学系の少なくとも一部をなす光学素子を保持するとともに前記固定子の第 1 面と第 2 面との間に配置され、前記第 1 固定子電極および第 2 固定子電極との間に働く静電気力により前記第 1 面と第 2 面との間で前記感光部列の配列ピッチの 1/4 の振幅で振動しながら前記光学系の光軸方向に移動することができる可動子と、前記垂直転送部による信号電荷の読み出し周期にあわせて前記可動子が振動するように、前記第 1 および第 2 固定子電極に電圧を印加する制御部と備えた撮像装置を提供する。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。

10

20

30

40

50

5

【0017】〔第1の実施形態〕まず、図1乃至図4を参照して第1の実施形態について説明する。

【0018】図1に示すように、撮像装置は、大きく分けて、レンズ8をその光軸方向に駆動するためのアクチュエータ部9と撮像素子部10の2つに区分される。

【0019】撮像素子部10は、撮像素子1と撮像素子に入射する長波長の光を遮断するガラスフィルタ2とからなる。撮像素子1としては、従来技術で説明したIT-CCDが用いられており、これについての重複する説明は省略する。

【0020】一方、アクチュエータ部9は、レンズ8が内部に装着された可動子7と、固定子5とを有している。固定子5は2つの部分5a、5b（以下、各部分5a、5bを固定子5a、5bという）に分割されており、可動子7は、固定子5a、5bによりその上下もしくは左右から（本例では上下）所定のギャップ（間隙）をもって挟み込まれている。

【0021】固定子5aおよび5bの表面（固定子5aおよび固定子5bの互いに対向する面をそれぞれ第1面および第2面という）上には、電極ボタン6a、6bおよび電極ボタン6c、6dがそれぞれ形成されている。各電極ボタン6a、6b、6c、6dおよび可動子7には、それぞれ配線が接続されており、この配線は高電圧ドライバ4に電気的に接続されている。さらに高電圧ドライバ4は、アクチュエータ部9を駆動する為に特定の信号を発生するコントローラ3に接続されている。コントローラ3は撮像素子1により生成される映像信号のフィールド周期を検出するために、撮像素子1に接続されている。

【0022】なお、撮像素子1および固定子5a、5bは、撮像装置の筐体（図示せず）に固着されている。

【0023】次に、固定子5a、5b上に形成された電極ボタン6a、6b、6c、6dについて詳細に説明する。図1に示すように、各電極ボタン6a、6b、6c、6dはそれぞれ、所定のピッチpでこの撮像装置の光軸方向、すなわちレンズ8の光軸方向に沿って配列されるとともにレンズ8の光軸方向と直交する方向に延びる電極（固定子電極）6ai、6bi、6ci、6diを複数有し、全体として櫛歯状の形状を有している。なお、本明細書において、電極6aiおよび6biを第1固定子電極、電極6ciおよび6diを第2固定子電極ともいう。

【0024】固定子5aの電極ボタン6a、6bは、電極6ai、6bi（櫛の歯の部分）がレンズ8の光軸方向に沿って交互に現れるように、櫛歯同士を入れ子状に組み合わせるように固定子5a上に配置されている。

【0025】互いに隣接する電極6ai、6bi間の間隔は前記ピッチpの1/2（すなわちp/2）となっている。固定子5b上の電極ボタン6c、6dも同様の形態となっている。電極6ai、6ci、6bi、6diは、レ

6

ンズ8の光軸方向に関して前記ピッチpの1/4（すなわちp/4）分だけずれて順次配置されている。

【0026】可動子7の固定子5a、5bと対向する面には、前記電極のピッチpと同一のピッチをもってレンズ8の光軸方向に配列された複数の凸部7aが形成されている。

【0027】可動子7は好ましくは金属等の導電体から形成される。また、固定子5a、5bはガラスまたはセラミックス等の絶縁体からなる基板上にスパッタリング等の手法により所定パタンの金属性の被膜を設けることにより形成される。なお、固定子5a、5bの電極上には絶縁体被膜（図2にのみ符号12で示す）が設けられる。

【0028】次に、アクチュエータ部9の駆動方法を図2を用いて説明する。図2のステップ1に示す状態は、固定子5a、5bの電極ボタン6a、6b、6c、6dのうち、電極ボタン6aに電圧を印加した状態であり、このように電圧が加えられると、可動子7と固定子5a上の電極ボタン6aの間に静電吸引力が発生し、可動子7は固定子5a側に引き付けられる。

【0029】その際、互いの電極が重なりあう面積ができるだけ多くなるように静電吸引力が働く為、可動子7の各凸部7aと固定子5a上の各電極6aiが重なり合う様に可動子7が固定子5a上に位置決めされる。

【0030】続いて、各電極に加える電圧をステップ2に示す様に切り替える。そうすると可動子7は上部の固定子5bの電極6diに引き付けられる。

【0031】その際、上側の固定子5bの電極6diと下側の固定子5aの電極6aiとは、前記ピッチpの1/4（p/4）だけずれている為、可動子7は単に上方にではなく、少し斜め右上に引き上げられる。

【0032】上記と同様にして、各電極ボタン6a～6dに加える電圧をステップ3、ステップ4に示す様に切り替えていくと、可動子7は上下に振動しながらレンズ8の光軸方向（図2右方向）に駆動される。

【0033】もちろん、各電極ボタン6a～6dに加える電圧の順番を逆にすれば、可動子7は光軸左方向に駆動される。

【0034】このような駆動方法を採用することにより、可動子7と固定子5a、5bの間の摩擦の影響を低減し、微小なサイズであっても良好な駆動を実現している。

【0035】なお、可動子7の表面に必ずしも凹凸を作成する必要はなく、例えば平らな可動子の表面に、固定子5a、5bの電極6ai、6bi、6ci、6diのピッチpと同じピッチで電極を形成しても良い。

【0036】次に、図3を参照して、可動子7の振動駆動を利用した撮像動作について説明する。

【0037】図2に示すように可動子7を駆動すると、可動子7は固定子5aの側にある状態と固定子5bの側にある状態の2つの状態を持つことになるが、この状態

7

変化に伴いレンズ8の光軸位置が移動するため、撮像素子1上への結像位置も変化する。

【0038】図3(a)は可動子7が下方の固定子5a側に位置する場合の撮像素子1上への結像21の位置を示しており、この場合、結像21は撮像素子1の撮像面の下側に位置する。なお、図3(a)は図2のステップ1および3に対応しており、この状態を状態1という。

【0039】一方、図3(b)は可動子7が上方の固定子5b側に位置する場合の撮像素子1上への結像21の位置を示しており、この場合、結像21は撮像素子1の撮像面の上方に位置する。なお、図3(b)は図2のステップ2および4に対応しており、この状態を状態2という。

【0040】本例においては、可動子7の上下方向の振幅(振幅は可動子7の上下方向に関する最大変位量の1/2で定義される)をL(図2~図4を参照)とし、PD列104A、104B、104C、…のピッチをPpdとした場合、 $2L = Ppd/2$ 、すなわち $L = Ppd/4$ なる関係が成立するようになっている。このため、図3

(a)に示す状態1では、撮像素子1の撮像面上の結像21においてハッチングを付した部分22aに対応する位置に撮像素子1の感光部分、つまりPD列104A、104B、…がある。

【0041】図3(b)に示す状態2では、撮像素子1の撮像面上の結像21においてハッチングを付した部分22bに対応する位置に撮像素子1の感光部分、つまりPD列104A、104B、…がある。

【0042】可動子7を駆動した場合、可動子7は状態1および状態2を交互に採るため、可動子7の振動周期をA、Bの2フィールドの期間により構成された1フレームの周期を同期させることにより、状態1でAフィールド映像を、状態2でBフィールド映像を取得することが可能となる。

【0043】図4には、可動子7の振動位相に対するフィールド切り替えのタイミングの一例を示す。図4に示す例では、可動子7が変位0の位置(固定子5aと固定子5bとの間の中心位置)、各PD104にて蓄積された信号電荷を垂直CCD105に転送するようにしている。すなわち、図4に示すようにIT-CCD(撮像素子1)のフィールドシフトゲート103(図9参照)にパルス電圧25を加え、各PD104より垂直CCD105への信号電荷移動と可動子7の移動を同期させているわけである。

【0044】このようにするには、例えば、撮像素子からのフィールド映像信号を検出する回路をコントローラ3に設け、ここで検出されたフィールド周期に同期するように高電圧ドライバ4により固定子5a、5bの電極にパルス駆動電圧を印加するようにすればよい。

【0045】以上説明したように、フィールド切り替えと同期をとって可動子7を駆動することにより、撮像素

8

子1の各垂直CCD1、C2、…、CMがある場所にあたかも各PD列104A、104B、…が存在していたかのように撮像を行うことができ、これにより解像度を2倍に向上させることができる。

【0046】なお、この撮像装置により得た画像を再生する際には、A、Bフィールドで1/2画素ピッチ(PD列のピッチPpdの1/2に相当する)分だけずらして表示を行うことになる。

【0047】なお、以上説明した可動子7の振動駆動に同期したA、Bフィールド映像の取得は、焦点調節をまさに実行している途中でも、焦点調節を行っていない時でも実施することができる。すなわち、焦点調節中においては、電極ボタン6a、6c、6b、6dに順次(順序は逆でもよい)電圧を印加することにより、焦点調節を行いながらA、Bフィールド映像を取得することができる。

【0048】また、焦点調節を行っていない時、すなわちレンズ8を光軸方向に動かす必要がない場合には、固定子5aの電極6a、6bに同時に電圧を印可した状態と、固定子5bの電極6c、6dに同時に電圧を印可した状態とを、フィールド周期に同期させて交互に切り替えることにより、可動子7を光軸方向に移動させることなく上下方向に振動させることができるため、焦点位置を変更することなく解像度を向上させることができる。

【0049】以上説明したように、本実施形態によれば、固定子と可動子の間の摩擦の問題もなくかつ十分な可動範囲を持ったアクチュエータを利用することにより、十分な駆動力および焦点調節範囲を有する焦点調節機構が実現できる。そしてこの焦点調節機構を構成する可動子の動きを利用して解像度向上をも実現することができる。

【0050】また、本実施形態によれば、唯一つのアクチュエータ装置により焦点調節および解像度向上が実現できるため、装置の構成の複雑化や大型化を招くこともない。このため、小型で高機能・高性能な撮像装置を実現することができる。

【0051】なお、上記実施形態においては、固定子5を平板状の2つの固定子部分5a、5bに分割し、これら部分5a、5bを可動子7を挟んで互いに対向するように設けていたが、アクチュエータ部9の構成はこれに限定されるものではない。すなわち、図5に示すように、固定子5を円筒形状として固定子5の上半分の内周面(第1面)に電極ボタン6a、6bを下半分の内周面(上半分の内周面に対向する内周面、すなわち第2面)に電極ボタン6c、6dを設け、固定子5の内部にレンズ8を内包した円筒状の可動子7を設けることにより、アクチュエータ部9を構成するようにしてもよい。

【0052】すなわち、アクチュエータ部9の構造断面は、可動子が少なくとも1組みの対となった固定子電極の間で一定の振幅をもって駆動できるようになってい

ばよく、四角形状および円形状の他、六角形状や八角形状などの他の形状となってもよい。

【0053】【第2の実施形態】次に、図6を参照して第2の実施形態について説明する。周知の通り、垂直方向の各PD列104A、104B、…を構成するPD同士の間にも実際には隙間があり、この隙間では電荷信号を生成することはできない。第2の実施形態は、PD列間の隙間で欠落した映像情報のみならず、PD列を構成するPD同士間の隙間において欠落した映像情報をも補完するものである。

【0054】第2の実施形態は、可動子7が上下方向に加えて更に左右方向にも振動できるように構成されている点において第1の実施形態と異なり、他は第1の実施形態と略同一である。第2の実施形態において、第1の実施形態と同一部分については、同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0055】図6は、その左側の図が撮像装置を前方から見た状態を示しており、その右側の図が可動子7の位置変化に伴う撮像素子への結像25位置の変化を示す図である。

【0056】図6に示すように、本実施形態に係る撮像装置は、可動子7を左右方向から挟むような位置に配置された、一対の固定子5c、5dを更に有する。固定子5c、5dと可動子7との間には所定の間隔が設けられている。

【0057】第1の実施形態と同様に、固定子5cおよび5dの互いに対向する面（第3面および第4面）には、それぞれ一対の櫛歯状の電極ボタン6e、6fおよび6g、6hが設けられている。

【0058】第1の実施形態と同様に、櫛歯状電極ボタン6eおよび6fは櫛歯同士を入れ子状に組み合わせるように配置されており、櫛歯状電極ボタン6gおよび6hも櫛歯同士を入れ子状に組み合わせるように配置されている。

【0059】固定子5c、5dを設けたことに対応して、可動子7にはその上下面に設けられた凸部7aに加えて、左右面に凸部7bが更に設けられている。

【0060】今、図6(a)左図に示すように、可動子7が固定子5a、5b、5c、5dに囲まれた空間内の左下位置（図7参照）にあるものとする。これを状態1といい、状態1における撮像素子1の撮像面上への結像25の位置が、図6(a)右図に示される。

【0061】次に、図6(b)左図に示すように、固定子5dの電極（電極ボタン6gおよび電極ボタン6h）に電圧を印加して、PD列を構成するPD104同士のピッチの1/2だけ可動子7を水平方向右側に駆動し、状態1から状態2（固定子が右下位置にある状態）へ変移させると、結像25に対するPD列104A、104B、…の相対位置が、図6(b)右図に示すように変化する。

【0062】続いて、図6(c)左図に示すように、固定子5bの電極ボタン（電極ボタン6cおよび電極ボタン6d）に電圧を印加し、PD列のピッチの1/2だけ可動子7を垂直方向に駆動し、状態2より状態3へ変移させると、結像25に対するPD列104A、104B、…の相対位置が図6(c)右図に示すように変化する。

【0063】更に続いて、図6(d)左図に示すように、固定子5cの電極ボタン（電極ボタン6eおよび電極ボタン6f）に電圧を印加して、PD列を構成するPD104同士のピッチの1/2だけ可動子7を水平方向左側に駆動し、状態3から状態4（固定子が右下位置にある状態）へ変移させると、結像25に対するPD列104A、104B、…の相対位置が、図6(d)右図に示すように変化する。

【0064】以上の要領で、可動子7が左下に位置する状態1（図6(a)）、可動子7が右下に位置する状態2（図6(b)）、可動子7が右上に位置する状態3（図6(c)）、可動子7が左上に位置する状態4（図6(d)）の各状態を順次採るようにする。

【0065】そして可動子7の状態が状態1から状態2に切り替わる際と、状態3および状態4に切り替わる際に、各PD104にて蓄積された信号電荷を垂直CCD105に転送するようにする。

【0066】つまり、可動子7をレンズ8の光軸方向から見て斜めに駆動することにより、垂直CCD105が存在する箇所であり、かつPD列104A、104B、…を構成する各PD104同士のピッチの半分だけずれた箇所にあたかもPD104が存在するかのように撮像を行うことができる。

【0067】上記の手法を用いる事により、水平方向のみならず垂直方向の解像度向上も併せて実現することができる。

【0068】なお、本例においても、第1の実施形態と同様に、可動子7を光軸方向に移動させながら撮像を行うことも可能であるし、可動子7を光軸方向に移動させることなく撮像を行うことも可能である。

【0069】また、アクチュエータ部の形状は四角形状に限定されるものではなく、上述したような可動子の水平方向駆動および垂直方向駆動が実現できるのであれば、円筒形状をはじめとして別の形状であっても構わない。

【0070】【第3の実施形態】次に、図7を参照して第3の実施形態について説明する。第3の実施形態は、第1の実施形態に対して、一対の固定子間に複数（本例では2つ）の可動子が設けられている点が異なり、他は第1の実施形態と略同一である。第3の実施形態において、第1の実施形態と同一部分については同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0071】図7に示すように、固定子5aおよび固定

11

子 5 b の間には、コンベンセターレンズ 8 A を内包した第 1 の可動子 7 A と、パリエターレンズ 8 B を内包した第 2 の可動子 7 B とが設けられている。各可動子 7 A、7 B は、第 1 の実施形態における可動子 7 と同一の構成を有している。第 1 の実施形態と同様、各可動子 7 A、7 B と、固定子 5 a、5 b の各電極ボタン 6 a、6 b、6 c、6 d の電位は、高電圧ドライバ（図示せず）により独立して制御できるようになっている。

【0072】以下に、可動子 7 A、7 B を別々に駆動する方法について説明する。今、図 7 のステップ 1 は、固定子 5 a の電極ボタン 6 b に電圧が印加され所定の正の電位になっており、かつ可動子 7 A、7 B の電位が 0 となっている状態を示しており、この場合、可動子 7 A、7 B は共に固定子 5 a の電極ボタン 6 a との間の静電吸引力により下方に引き付けられる。

【0073】続いて、ステップ 2 の状態、すなわち固定子 5 b の電極ボタン 6 d と可動子 7 B に電圧を印加し所定の正の電位とする。すると可動子 7 A は電極ボタン 6 d との間の静電吸引力により上方に引き上げられるが、可動子 7 B は固定子 5 a の電極ボタン 6 b との間に発生している静電吸引力により現状位置に留まる。

【0074】同様にして、電圧をステップ 3、ステップ 4 に示す様に加えていくと、可動子 7 B を固定して可動子 7 A のみを駆動することができる。この時、加える電圧の組み合わせを変更すれば、可動子 7 A を固定して可動子 7 B のみを駆動できることは言うまでもない。

【0075】また、可動子 7 A と可動子 7 B との距離を維持したまま、可動子 7 A、7 B をレンズの光軸方向に移動させたい場合には、可動子 7 A、7 B の電位を 0 に維持したまま、第 1 の実施形態と同様にして固定子 5 a、5 b の電極の電位を順次切り替えればよい。

【0076】すなわち、撮像倍率を変化させる際、および焦点の補正を行う際には、前記手法により可動子 7 A、7 B を各々個別に駆動すればよい。

【0077】また、画像の分解能を向上させたい場合には、例えば、上方の固定子 5 b の電極ボタン 6 c、6 d を一つのグループ、下方の固定子 5 a の電極ボタン 6 a、6 b を一つのグループとして各グループに同じ電圧を印加する。このようにすれば、両可動子 7 A、7 B を現状の光軸方向位置に維持したまま上下振動のみを引き起こさせることができ、第 1 の実施形態において説明したように可動子 7 A、7 B の振動周期と撮像素子のフィールド周波数を適合させることにより、解像度を向上させることができる。

【0078】なお、上記実施形態においては、可動子 7 A、7 B が一方（上下方向）にのみ振動するようになっているが、これに限定されるものではなく、第 2 の実施形態のように、両可動子 7 A、7 B を左右方向から挟むように配置された固定子 5 c、5 d を追加して設けてもよい。

12

【0079】〔第 4 の実施形態〕次に、図 8 を参照して第 4 の実施形態について説明する。第 4 の実施形態は、第 3 の実施形態に対して、固定子 5 a、5 b の電極が各可動子 7 A、7 B 専用のものとして割り当てられている点が異なり、他は第 3 の実施の形態と略同一である。別の言い方をすれば、第 4 の実施形態は、第 1 の実施形態のアクチュエータ部をレンズの光軸方向に沿って複数

（本例では 2 つ）設けたものと実質的に等価である。第 3 の実施形態において、第 1 の実施形態と同一部分については同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0080】図 8 に示すように、固定子 5 a には、可動子 7 A の可動範囲に電極ボタン 6 a、6 b が、可動子 7 B の可動範囲に電極ボタン 6 a'、6 b' が設けられている。各電極ボタン 6 a、6 b、6 a'、6 b' および各可動子 7 A、7 B の電位は高電圧ドライバ（図示せず）により独立して調節できるようになっている。

【0081】図 8 のような構成を採ることにより、各可動子 7 A、7 B を全く独立して駆動することができる（可動子を完全には独立して駆動することができない図 7 の実施形態を比較参照）。図 8 では、ステップ 1 からステップ 4 に示すように各電極に電圧を印加することにより、可動子 7 A をこれに内包されたコンベンセターレンズ 8 A の光軸方向に移動させるとともに可動子 7 B を単に上下方向のみに振動させた例を示している。

【0082】このように可動子 7 A、7 B を完全に独立して駆動可能とすることにより、倍率調節または焦点調節を行っている際も、撮像素子上への結像と PD 列 104 A、104 B、…との位置関係を PD 104 からの信号電荷の転送と同期を取りつつ変化させることができ、解像度の向上を図ることができる。

【0083】以上説明したように、上記各実施形態によれば、振動型の静電アクチュエータを用いる事により、摩擦の影響を低減して撮像装置の光学的仕様上必要となる可動ストロークを得、かつ前記振動を利用して入射光学像の撮像素子上の PD へ結像する位置を PD からの信号電荷の転送時期と同期を取りつつ変化させることにより、解像度の向上を図ることができる。

【0084】なお、上記各実施形態においては、光学系を構成するレンズがすべて可動子保持されていたが、これに限定されるものではなく、光学系の光軸方向に不動のレンズが光学系に含まれていてもよい。

【0085】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、高機能・高性能の小型の撮像装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による撮像装置の第 1 の実施形態を示す斜視図。

【図 2】第 1 の実施形態の作用を示す作用図であって、可動子の駆動方法を説明する図。

13

【図3】可動子の振動駆動を利用した解像度向上手法を説明する図。

【図4】可動子の振動位相と信号電荷の転送のタイミングを説明する図。

【図5】第1の実施形態の変形例を示す図であって、図5(a)は正面図、図5(b)は断面図、図5(c)は固定子の内周面を示す展開図。

【図6】本発明による撮像装置の第2の実施形態を示す図であって、左側の図は光軸方向からの概略正面図、右側の図は各状態における撮像素子の撮像面への結像位置を示す図。

【図7】本発明による撮像装置の第3の実施形態を示す概略断面図。

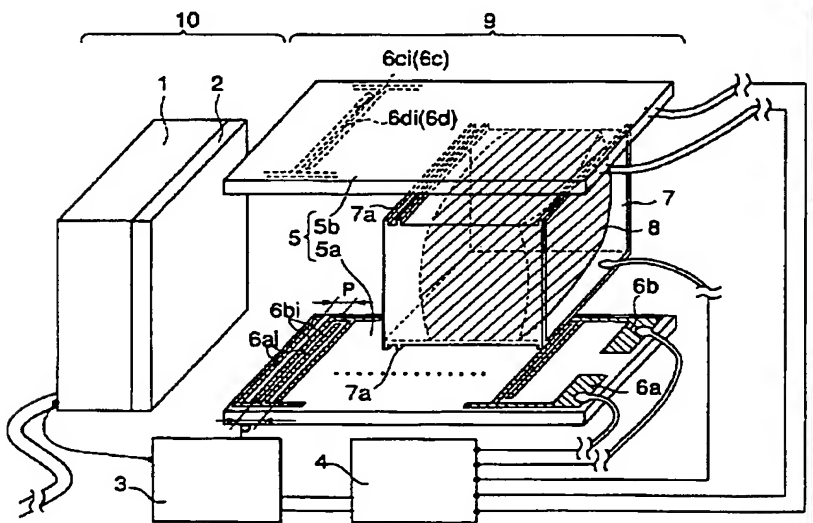
【図8】本発明による撮像装置の第4の実施形態を示す概略断面図。

* 【図9】撮像素子の構造概略を示す図。

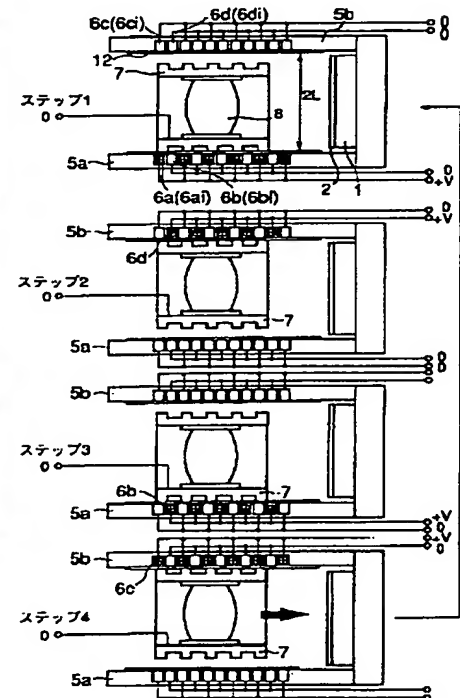
【符号の説明】

- 1 撮像素子
- 3 コントローラ (制御部)
- 5 a、5 b、5 c、5 d、固定子
- 6 a、6 b (6 a i、6 b i) 第1固定子電極
- 6 c、6 d (6 c i、6 d i) 第2固定子電極
- 6 e、6 f、第3固定子電極
- 6 g、6 h、第4固定子電極
- 7、7 A、7 B 可動子
- 8、8 A、8 B レンズ (光学系)
- 104 ホトダイオード (PD)
- 104 A、104 B…PD列
- 105 垂直CCD

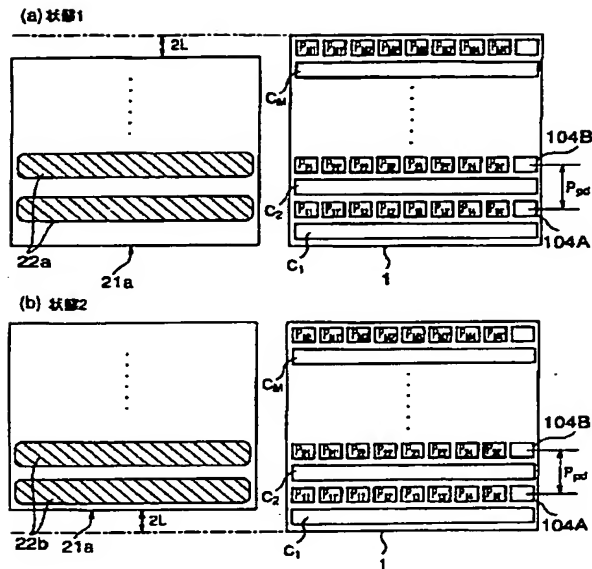
【図1】



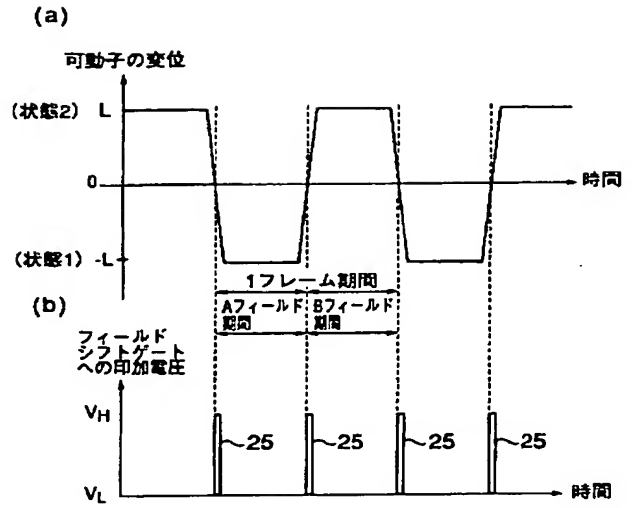
【図2】



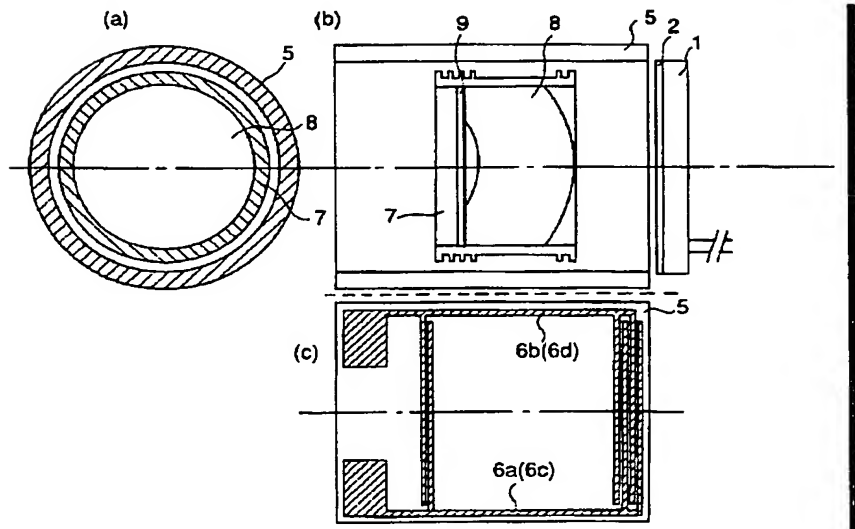
【図 3】



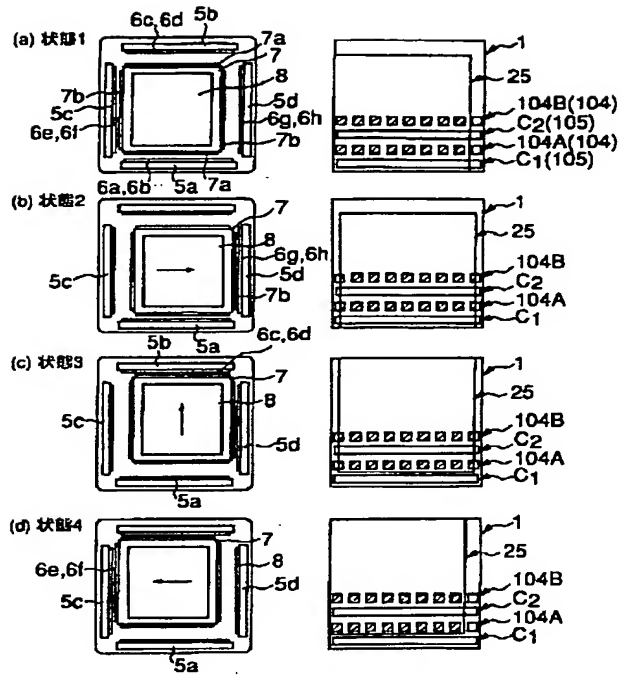
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【手続補正書】

【提出日】平成 11 年 3 月 26 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 3

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項 3】前記固定子に設けられ、前記第 1 面および第 2 面が向き合う方向に対して直交する方向に互いに向き合うとともに前記可動子とその間に配置される第 3 面および第 4 面と、

前記固定子の第 3 面に設けられた第 3 固定子電極と、前記固定子の第 4 面に設けられた第 4 固定子電極と、を更に備え、

前記可動子は、前記第 3 固定子電極および第 4 固定子電極との間に働く静電気力により前記第 3 固定子電極と前記第 4 固定子電極との間で前記感光部列を構成する感光部の配列ピッチの $1/4$ の振幅で振動することができることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の撮像装置。

フロントページの続き

(51)Int. Cl. 6

識別記号

H 0 2 N 1/00

F I

G 0 3 B 3/00

A

BEST AVAILABLE COPY